

P.14

(3)

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-117705

(43)Date of publication of application : 27.04.1999

(51)Int.Cl.

F01D 9/02

B23K 35/30

C22C 19/07

F01D 5/28

(21)Application number : 09-286518

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 20.10.1997

(72)Inventor : TANIDA SHOZO

FUNAMOTO TAKAO

NAKASAKI TAKAMITSU

KOBAYASHI KAZU

YOKOBA NORIO

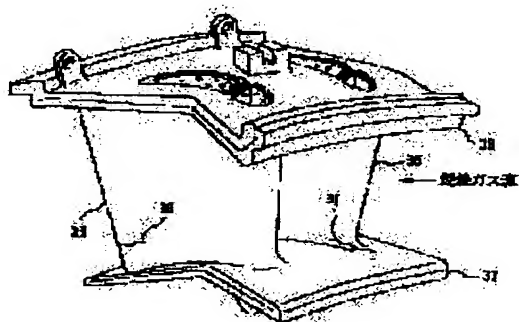
IIZUKA NOBUYUKI

KUMADA KAZUHIKO

**(54) NOZZLE FOR GAS TURBINE, GAS TURBINE FOR POWER GENERATION, COBALT-BASE ALLOY, AND WELDING MATERIAL****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To facilitate repair welding for cracking by repairing cracking generated on a nozzle by an overlaying layer having multilayers in a welding crosswise direction with a specified pass numbers, in a nozzle for a gas turbine provided with a blade part and a side wall.

**SOLUTION:** In the case where cracking 30, 31 generated on a gas turbine nozzle are repaired, a multilayered overlaying layer having 3 pass or more is formed in a crosswise direction by means of TIG welding after the cracking 30, 31 are completely cut by means of carbide cutter. In the case where cracking generated on the nozzle is repaired by the overlaying layer by a gas turbine nozzle made of Co-base casting alloy including C: 0.20 to 0.30% by weight, Si: 1.0% or less, Mn: 1.0% or less, Cr: 20 to 32%, Ni: 9 to 12%, W: 5 to 10%, Fe: 5% or less, and B: 0.0005 to 0.015%, the overlaying layer is formed of Co-base alloy including C: 0.03 to 0.10% by weight, Si: 1.0% or less, Mn: 1.0% or less, Cr: 20 to 30%, Ni: 15% to 23%, W: 3 to 10%, Ta: 5 to 15%, and Zr: 0.05 to 0.7%.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-117705

(43)公開日 平成11年(1999) 4月27日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

F 0 1 D 9/02

1 0 1

F 0 1 D 9/02

1 0 1

B 2 3 K 35/30

3 4 0

B 2 3 K 35/30

3 4 0 M

C 2 2 C 19/07

C 2 2 C 19/07

H

F 0 1 D 5/28

F 0 1 D 5/28

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 13 頁)

(21)出願番号

特願平9-286518

(22)出願日

平成9年(1997)10月20日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 谷田 正三

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 舟本 孝雄

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 中崎 隆光

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会

社日立製作所日立工場内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

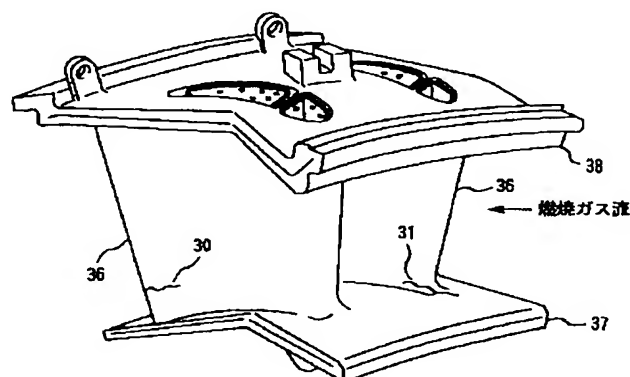
(54)【発明の名称】 ガスタービン用ノズル、発電用ガスタービン、C o基合金及び溶接材料

(57)【要約】

【課題】本発明の目的は、発電用ガスタービンとそのノズルとして、その精密鑄造時に生じた欠陥あるいは稼働中に生じたクラックの補修溶接が容易でかつ、クリープ特性、耐熱疲労特性及び耐腐食性に優れたC o基合金とその溶接材料を提供することにある。

【解決手段】C 0.03~0.10%, N i 15~22%, C r 20~30%, W 3~10%, T a 5~15%, Z r 0.05~0.7%を含むC o基合金及びその溶接材料からなり、特定の肉盛溶接層を形成することによりクラックを補修したガスタービン用ノズルとそれを用いた発電用ガスタービン。

図 6



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】翼部と、該翼部の両端に設けられたサイドウォールとを備えたガスタービン用ノズルにおいて、該ノズルは亀裂を有し、該亀裂が溶接幅方向に 3 パス以上で、多層盛の肉盛溶接層によって補修され、該肉盛溶接層の外表面が被溶接材表面と同じ高さに研削されていることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項 2】翼部と、該翼部の両端に設けられたサイドウォールとを備えたガスタービン用ノズルにおいて、該ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は 10mm 以上の長さに施されていることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項 3】翼部と、該翼部の両端に設けられたサイドウォールとを備え、重量で、C 0.20～0.30%，Si 1.0% 以下、Mn 1.0% 以下、Cr 20～32%，Ni 9～12%，W 5～10%，Fe 5% 以下及び B 0.0005～0.015% を含む Co 基合金からなるガスタービン用ノズルにおいて、該ノズルは亀裂を有し、該亀裂が肉盛溶接層によって補修され、該肉盛溶接層は重量で、C 0.03～0.10%，Si 1.0% 以下、Mn 1.0% 以下、Cr 20～30%，Ni 15～23%，W 3～10%，Ta 5～15% 及び Zr 0.05～0.7% を含む Co 基合金からなることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項 4】2 個以上の翼部と、該各々の翼部両端に各々の翼部を一体に連らなって設けられたサイドウォールとを備え、Co 基合金よりなるガスタービン用ノズルにおいて、該ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は前記 Co 基合金より、Ni 量が多く、C 量、Cr 量及び W 量が少なく、Ta を含む Co 基合金よりなることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項 5】翼部と、該翼部の両端に設けられたサイドウォールとを備え、Co 基合金よりなるガスタービン用ノズルにおいて、該ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は前記 Co 基合金の C 量の 0.10～0.40 倍の C 量を有する Co 基合金からなることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項 6】請求項 1 において、前記ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は 10mm 以上の長さに施されているガスタービン用ノズル。

【請求項 7】請求項 3～5 のいずれかにおいて、前記ノズルは亀裂を有し、該亀裂が溶接幅方向に 3 パス以上で、多層盛の肉盛溶接層によって補修され、該肉盛溶接層の外表面が被溶接材表面と同じ高さに研削されていること；又は／及び前記ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は 10mm 以上の長さに施されているガスタービン用ノズル。

ル。

【請求項 8】請求項 3 において、2 個以上の翼部と、該各々の翼部両端に各々の翼部を一体に連らなって設けられたサイドウォールとを備えた前記 Co 基合金よりなるガスタービン用ノズルであって、該ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は前記 Co 基合金より、Ni 量が多く、C 量、Cr 量及び W 量が少なく、Ta を含む前記 Co 基合金よりなること、又は／及び該ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は前記 Co 基合金の C 量の 0.10～0.40 倍の C 量を有する前記 Co 基合金からなるガスタービン用ノズル。

【請求項 9】請求項 3 において、翼部と、該翼部の両端に設けられたサイドウォールとを備えた前記 Co 基合金よりなるガスタービン用ノズルであって、該ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は前記 Co 基合金の C 量の 0.10～0.40 倍の C 量を有する前記 Co 基合金からなること、又は／及び前記ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は前記 Co 基合金より、Ni 量が多く、C 量、Cr 量及び W 量が少なく、Ta を含む前記 Co 基合金よりなるガスタービン用ノズル。

【請求項 10】請求項 8 又は 9 において、前記ノズルは亀裂を有し、該亀裂が溶接幅方向に 3 パス以上で、多層盛の肉盛溶接層によって補修され、該肉盛溶接層の外表面が被溶接材表面と同じ高さに研削されていること；又は／及び前記ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は 10mm 以上の長さに施されているガスタービン用ノズル。

【請求項 11】重量で、C 0.03～0.10%，Si 1.0% 以下、Mn 1.0% 以下、Cr 20～30%，Ni 15～23%，W 3～10%，Ta 5～10% 及び Zr 0.05～0.7% を含むことを特徴とする Co 基合金。

【請求項 12】請求項 11 において、重量で、Al 1% 以下及び Fe 2% 以下の 1 種以上を含むことを特徴とする Co 基合金。

【請求項 13】請求項 11 又は 12 において、重量で、Ti 0.05～1.0%，Nb 0.05～0.5% 及び Hf 0.05～0.5% の 1 種以上を含むことを特徴とする Co 基合金。

【請求項 14】請求項 11～13 のいずれかにおいて、B 0.005～0.02 重量% を含むことを特徴とする Co 基合金。

【請求項 15】請求項 11～14 のいずれかにおいて、前記合金はワイヤ状、棒状又は細径鋼管内に金属粉末が充填した複合ワイヤからなることを特徴とする溶接材料。

【請求項 16】空気圧縮機と、燃焼器と、タービンディ

10

20

30

40

50

スクに固定されたタービンブレードと、該ブレードに対応して設けられたタービンノズルを備えた発電用ガスタービンにおいて、前記タービンノズルの初段への燃焼ガス入口温度が1,250～1,600℃であり、前記ガスタービンノズルは亀裂を有し、該亀裂はその内部が多層肉盛溶接層によって埋込まれ補修されていることを特徴とする発電用ガスタービン。

【請求項17】前記タービンノズルは、請求項1～10のいずれかに記載のガスタービン用ノズルよりなることを特徴とする発電用ガスタービン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は溶接補修された新規なガスタービン用ノズルとそれを用いたガスタービン及びその補修用溶接材料として好適なCo基合金とその溶接材料に関する。

【0002】

【従来の技術】ガスタービンのノズル（静翼）は、複雑な形状を有していることから精密鑄造によって製造される。しかし、この精密鑄造時に生じる欠陥あるいはノズルは高い燃焼ガス流に曝されるほか、構造上強い拘束力を受けることから稼働中にクラックが生じることがある。このような鑄造時の欠陥あるいは稼働中に生じたクラックは、所定の溶接金属（溶接材料がアーク等の熱源によって溶融し形成された溶着金属）の組成になるような溶接材料（溶接時に溶接部に添加される金属）を用いたタングステン・イナートガス・アーク溶接で修復される。この修復された溶接部はノズルと同一の高温特性であることが望ましい。

【0003】対象とするノズル用合金としては、重量でC：0.20～0.30%、Si：0.75～1.0%、Mn：1.4～1.0%、Cr：24.5～30.5%、Ni：9.5～11.5%、W：6.5～8.0%、Fe：2%以下、B：0.005～0.015%を含み残部はCoよりなる合金が多く用いられている（表1合金No.8）。更に、高温での諸特性を改良するため、多種の合金組成についての発明がなされている。例えば、特開昭61-546号公報には重量でC：0.01～1%、Cr：15～40%、Ni：5～15%、W：2～12%、Ta：0.01～5%、Zr：0.005～0.1%、残部Coからなるガスタービン用高強度Co基耐熱合金が開示されている。この合金は、材料の高温強度と耐酸化性を同時に向上する目的でW、Mo、Al、Hf、Ta、Nb等の成分を調整したものである。また、特開平7-316293号公報には、C：0.05～0.45%、Cr：23～30%、Ni：9.5～11.5%、W：5～10%、Ta：0.04～0.44%、Zr：0.2～1%、残部はCoからなる耐熱鑄造Co基合金およびそれを用いたガスタービン静翼が開示されている。また同様に特開平7-224337号公報には、C：0.

0.5～0.45%、Cr：15～30%、Ni：5～15%、W：3～10%、Ta：1～5%、Zr：0.01～1%、残部はCoからなる耐熱鑄造Co基合金およびそれを用いたガスタービン静翼が開示されている。しかし、これらノズルと同一組成の合金を溶接材料として用いた場合は、鍛造がほとんど出来ない合金組成のため伸線化が出来ない。このため、従来の溶接材料は、ノズル本体と同一の高温特性を有することを多少犠牲にしても、鍛造性を重視した組成の溶加材を用いていた。例えば鍛練用Co基合金〔C：0.10、Cr：20、Ni：10、W：15、残Co（表1合金No.6）を溶加材としたもので、あるいは上述したノズル合金で鍛造を容易にするためC量を0.23%から0.13と下げた溶加材、重量でC：0.13%、Cr：29.82%、Ni：10.22%、W：6.77%、残Co（表1合金No.合金）が開示されている。更にWO97/10368（C：0.11～0.20%、Cr：20～30%、Ni：15～22%、Ta：5～15%、Zr：0.05～0.7%、残部Co（表1合金No.5））あるいは更に特開平4-221035号（C：0.03～0.1%、Cr：24～32%、Ni：14～22%、Ta：2～8%、Ce：0.02～0.75%、残部Co）等が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】近年発電効率の向上を目的として、ガスタービンの入口温度を上昇させるため燃焼温度は高くなりノズルは従来以上に厳しい温度に曝されること、またコンバインドサイクル発電では起動・停止の繰返しにより熱応力と運転中の定常応力が重畳する過酷な履歴を受ける。従って、溶接材料も、従来以上の高いクリープ強度と優れた熱疲労特性を有する合金が要求されている。しかし、特にノズルの補修溶接材料は母材レベルの高温特性であることが望ましいが、溶加棒とするための線材化を考えると鍛造が可能な合金組成でなければならず、また溶接性にも優れていなければならないことから、前述したように溶加材として合金No.6あるいはNo.7等が多く使用されてきた。しかしながら、従来の溶加棒では一長一短があり結晶粒界に脆弱な異相が生成し耐熱疲労性が低下することあるいは析出物が凝集・粗大化しクリープ強度が低下すること、クリープ強度や熱衝撃特性に優れているが伸線化が困難なため溶加棒の表面に傷が残存する問題あるいは伸線化が困難なためコストアップを招く問題等があった。

【0005】本発明の目的は、溶接補修の信頼性の高いガスタービン用ノズルとそれを用いたガスタービン及びそれに用いる伸線化が容易で高いクリープ破断強度を有するCo基合金とその溶接材料を提供するにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

（1）本発明は、翼部と、該翼部の両端に設けられたサ

10

20

30

40

50

イドウォールとを備えたガスタービン用ノズルにおいて、該ノズルは亀裂を有し、該亀裂が溶接幅方向に3パス以上、好ましくは3～4パスで、多層盛の肉盛溶接層によって、好ましくは開先表面より1層上に形成して補修され、該肉盛溶接層の外表面から被溶接材表面と同じ高さに研削されていること、又は／及び前記ノズルは亀裂を有し、該亀裂が好ましくは長さ10mm未満のもの以外のものについて多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は10mm以上の長さの亀裂に施されていることを特徴とする。

【0007】(2) 本発明は、翼部と、該翼部の両端に設けられたサイドウォールとを備え、重量で、C 0.20～0.30%, Si 1.0%以下, Mn 1.0%以下, Cr 2.0～3.2%, Ni 9～12%, W 5～10%, Fe 5%以下及びB 0.0005～0.015% を含むC o基 casting合金からなるガスタービン用ノズルにおいて、該ノズルは亀裂を有し、該亀裂が肉盛溶接層によって補修され、該肉盛溶接層は重量で、C 0.03～0.10%, Si 1%以下, Mn 1%以下, Cr 2.0～3.0%, Ni 15～23%, W 3～10%, Ta 5～15%及びZr 0.05～0.7%を含むC o基合金からなることを特徴とする。

【0008】(3) 本発明は、2個以上、好ましくは2～5個の翼部と、該各々の翼部両端に各々の翼部を一体に連らなって設けられたサイドウォールとを備え、C o基 casting合金よりなるガスタービン用ノズルにおいて、該ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は前記C o基 casting合金より、Ni量が多く、C量, Cr量及びW量が少なく、Taを含むC o基合金よりなることを特徴とする。溶接材料は、C量を0.10～0.20%, Cr量を3.0～5.0%及びW量を1.0～2.5%母材より少なくすること、Ni量を8.0～12.0%母材より多くすることが好ましい。

【0009】(4) 本発明は、翼部と、該翼部の両端に設けられたサイドウォールとを備え、C o基 casting合金よりなるガスタービン用ノズルにおいて、該ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は前記C o基 casting合金のC量の0.10～0.40倍のC量を有するC o基合金からなることを特徴とする。

【0010】(5) 本発明は、前述の(2)～(4)のいずれかにおいて、前記ノズルは亀裂を有し、該亀裂が溶接幅方向に3パス以上で、多層盛の肉盛溶接層によって補修され、該肉盛溶接層の外表面が被溶接材表面と同じ高さに研削されていること；又は／及び前記ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は10mm以上の長さに施されていることを特徴とする。

【0011】(6) 本発明は、(2)において、2個以

上の翼部と、該各々の翼部両端に各々の翼部を一体に連らなって設けられたサイドウォールとを備えた前記C o基 casting合金よりなるガスタービン用ノズルであって、該ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は前記C o基 casting合金より、C量, Cr量及びW量が少なく、Taを含む前記C o基合金よりなること、又は／及び該ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は前記C o基 casting合金のC量の0.10～0.40倍のC量を有する前記C o基合金からなることを特徴とする。

【0012】(7) 本発明は、(2)において、翼部と、該翼部の両端に設けられたサイドウォールとを備えた前記C o基 casting合金よりなるガスタービン用ノズルであって、該ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は前記C o基 casting合金のC量の0.10～0.40倍のC量を有する前記C o基合金からなること、又は／及び前記ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は前記C o基 casting合金より、C量, Cr量及びW量が少なく、Taを含む前記C o基合金よりなることを特徴とする。

【0013】(8) 本発明は、(6)又は(7)において、前記ノズルは亀裂を有し、該亀裂が溶接幅方向に3パス以上で、多層盛の肉盛溶接層によって補修され、該肉盛溶接層の外表面が被溶接材表面と同じ高さに研削されていること；又は／及び前記ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は10mm以上の長さに施されていることを特徴とする。

【0014】(9) 本発明は、重量で、C 0.03～0.10%, Si 1%以下, Mn 1%以下, Cr 2.0～3.0%, Ni 15～23%, W 3～10%, Ta 5～10%及びZr 0.05～0.7%を含むことを特徴とするC o基合金にある。

【0015】更に、本発明は、重量で、Al 1%以下及びFe 2%以下の1種以上を含むこと、又は／及びTi 0.05～1.0%, Nb 0.05～0.5%及びHf 0.05～0.5%の1種以上を含むこと、及び／又はB 0.005～0.02%を含むことを特徴とするC o基合金にある。

【0016】(10) 本発明はこれらのC o基合金によってワイヤ状、棒状又は細径鋼管内に金属粉末が充填した複合ワイヤからなることを特徴とする溶接材料にある。

【0017】(11) 本発明は、空気圧縮機と、燃焼器と、タービンディスクに固定されたタービンプレードと、該ブレードに対応して設けられたタービンノズルを備えた発電用ガスタービンにおいて、前記タービンノズルの初段への燃焼ガス入口温度が1,250℃以上、好

10

20

30

40

50

ましくは1,400～1,600℃であり、前記ガスタービンノズルは亀裂を有し、該亀裂はその内部が多層肉盛溶接層によって埋込まれ補修されていることを特徴とする。

【0018】本発明に係る発電用ガスタービンは、前述の(1)～(8)のいずれかに記載のガスタービン用ノズルよりなることを特徴とする。

【0019】本発明において、溶接幅として3パス以上の肉盛層を形成することにより、亀裂をほぼ問題のない状態まで補修できる。亀裂は1本のメインのものに沿って若干枝分かれして進んでいるものであり、その枝分かれにおける長さはわずかなものである。従って、その部分を切削によって削り取ることが必要である。その幅は約10mmであり、メインの亀裂に沿って幅10mm以上切削すればほぼ問題のない状態まで補修できる。

【0020】また、本発明において、肉盛溶接層の長さを10mm以上とすることによりその後の使用において支障のないものであることを実験によって見出しなされたものである。

【0021】補修用の溶接材料は母材との関係が深いものであり、母材のCo基合金の組成に対してC量、Cr量及びW量を少なくし、特定の含有量のTaを含有させることにより伸線ができ、かつクリープ破断強度の高いものが得られるものである。また、C量を母材のC量の0.1～0.4倍とすることにより溶接性が向上し、高い強度が維持されるものである。

【0022】本発明におけるガスタービン用ノズルは特に、燃焼ガスの初段ノズルの入口温度が1,500℃級(1,400～1,600℃)というきわめて高い温度で生じ易いということ、更にそのときの亀裂の長さが10mm以上に達することを見出し、またそのような長さにおいて問題であることを見出し、本発明の所定の補修を行うことを特徴とするものである。

【0023】本発明のCo基合金とその溶接材料の組成の特徴は、Ni量が15～22%、Ta量が5～10%、Zr量が0.05～0.7%と従来の合金に比べて多いことである。これは、後述するように、複合金属間化合物の(Ni, Co)<sub>3</sub>Taを母相に緻密に析出させる且つ結晶粒界に析出する化合物を高温でも安定させることによって、高温強度及び耐熱疲労性を向上させる効果が得られるからである。換言すれば、本発明においては(Ni, Co)<sub>3</sub>Taが母相中に一定量以上緻密に析出していることが必須である。

【0024】上記構成により、溶接材料として棒の形状に加工した場合でも十分な加工性を有し、かつ溶接時に溶接金属に割れ(高温割れと称している)が発生しないという溶接材料として好適な特性を保持しつつ高温でも十分なクリープ強度を有し、かつ高温強度及び耐熱疲労性の大きいという溶接金属として望ましい特性が得られる。

【0025】上記組成で、Ta:5.5～8、Zr:0.1～0.5の範囲であれば、よりクリープ強度が大きくなり好ましい。

【0026】本発明の溶接材料に含まれる各元素の作用について説明する。

【0027】Crは高温下で合金表面に緻密な酸化皮膜を形成させて、合金の耐食性をなす主要な元素である。従って、産業用ガスタービンの高温部品が曝される腐食環境下では20%以上の添加とする。但し30%以上添加すると母相の安定性を損なう。また同時に、CrはCと結合して多量のクロム炭化物を形成しそのクロム炭化物で約0.5μm以下の微細なものは高温強度の向上に寄与する。一方、0.5μm以上の大きなものは高温下で凝集・粗大化して強度と耐食性の両者に悪影響を与える。従って、Cr量は20～30%の範囲が好ましい。特に、25～30%が好ましい。

【0028】Cは0.03%以上で、Crと炭化物を形成する他、Ta、Zr、Nb、Ti及びHf等と安定なMC炭化物を形成し、これらの炭化物の微細なものはクリープ強度をはじめとする高温強度を著しく向上させる。一般にC添加量の増加とともに強度は向上するが、Taを5～15%添加する本発明の合金ではCの添加量が多くなるとTaリッチな炭化物が結晶粒界に過剰に析出しクリープ強度は低下してしまう。従って、C量の上限は0.1%が好ましく、特に、0.04～0.095%、より0.08～0.09%が好ましい。

【0029】Niは一般に合金母相の安定性を維持するために必須とされている元素であるが、特に本発明合金では高温強度及び耐熱疲労性を向上させる複合金属間化合物の(Ni, Co)<sub>3</sub>Taを母相に緻密に析出させることが特徴である。このためNiの添加量は少なくとも15%を含有させ、23%より多くしてもその効果は期待できないので、15～23%が好ましい。特に、19～22%が好ましい。Taは5%以上でMC炭化物を形成する元素であるが、特に本発明合金においては(Ni, Co)<sub>3</sub>Taなる金属間化合物を生成し高温強度及び耐熱疲労性を向上させる重要な元素である。しかし、15%を越えて多量に添加するとMC炭化物が結晶粒界に過剰に析出するため逆にクリープ強度が低下し、また溶接割れが発生する等の問題がある。従って上限は15%が好ましい。一方、Ta量が5%より少ないと(Ni, Co)<sub>3</sub>Taなる金属間化合物の析出量が少なくその効果は期待できない。本発明の合金においてTa量は5～15%の範囲が望ましく、特にTa:5.5～10%が好ましい。

【0030】Wは3%以上で母相に固溶してクリープ強度を改善する。しかしながら3%未満ではその効果は得られずまた10%を越えるとTaと結合した析出物が結晶粒界に析出しクリープ強度は低下してしまう。従って、W量の上限は10%が好ましい。特に、4～7%が



好ましい。

【0031】Zrは0.05%以上で、粒界強化元素として必要な元素であるが、特に本発明合金においては(Ni, Co)<sub>3</sub>Taなる金属間化合物の析出を一層緻密とさせ、クリープ強度及び熱疲労特性の向上に寄与することから必須の元素である。添加量は0.05%未満ではその効果が少ないので、0.05%以上が好ましい。また、Zrの添加量を0.70%以上にすると溶接性を低下させるためその上限は0.7%が好ましい。特に、0.1~0.5%が好ましい。

【0032】Tiは炭化物形成元素であり、微細な炭化物が析出し高温強度を向上させる。また一部前述の(Ni, Co)<sub>3</sub>Taの金属間化合物と同様な(Ni, Co)<sub>3</sub>Tiを形成し高温強度の向上に役立つ。しかしながら0.05%以下ではその効果は得られずまた1%以上添加しても効果は少ないので、0.05~1%が好ましい。特に、0.1~0.6%が好ましい。

【0033】Nbは0.05%以上でCと結合してMC炭化物を形成して高温強度を向上させるが、0.5%を越えて過剰に添加すると炭化物が粒界に析出し高温強度を低下させる。従って、0.05~0.5%が好ましい。特に、Ti及びHf等と共に微量添加することによってその効果を発揮する。

【0034】Hfは0.05%以上で炭化物形成元素であると同時に粒界強化元素として知られているが、本発明合金では0.5%以上加えてもそれ以上の効果は期待されない。従って、0.05~0.5%が好ましい。

【0035】Bは0.005%以上で粒界強化元素として添加され高温延性を向上させるが、逆に0.02%を越えると逆に粒界の脆化を招くばかりでなく、溶接性にも悪影響を及ぼすことから0.005~0.02%が好ましい。特に、0.005~0.01%が好ましい。

【0036】Alは950℃以上の高温下では合金表面に緻密な酸化皮膜を形成し耐食性を向上させる効果があるが、950℃以下では安定な皮膜が形成されないばかりでなく逆に耐食性を悪化させる。また凝固時に有害な介在物を作り易く、1%を越えて添加すると铸造性ばかりでなく、溶接性をも劣化させることからその添加量は1%以下が好ましい。

【0037】C及びBなどを添加する場合、Fe-C, Fe-B等のFe合金が溶解原料になる。Fe合金として添加することによってこれら軽元素の歩留まりは向上する。従って、Feは合金中に含まれることになるが、2%以上添加されると高温強度は低下するため添加量は2%以下となるように調整するのが好ましい。

【0038】Si及びMnは、脱酸剤として従来から添加されてきたが真空溶解技術の進歩により現在では積極的に添加する必要はない。大気溶解においては好ましくは0.05%以上添加し、逆に1%を越えて添加すると铸造時に有害な介在物を形成し強度を低下するばかりで

なく、長時間使用すると材料の脆化を招くことから両元素とも1%以下とするのが好ましい。特に、Si 0.05~0.5%, Mn 0.1~0.5%が好ましい。

【0039】本発明におけるガスタービン用ノズルは前述のCo基铸造合金を用いることができる。より好ましくはC 0.20~0.30%, Si 0.3~1.0%, Mn 0.2~1.0%, Cr 24.5~30.5, W 6.0~8.0%, Ni 9.5~11.5%, Fe 2.0%以下, B 0.002~0.015%を含むCo基铸造合金である。各成分の添加理由はほぼ溶接材料と同じであるが、C等の異なる成分については強度の点から溶接材料とは異なるものである。

【0040】初段ノズルは、燃焼ガスを最初に受けるため最も高温にさらされ、ガスタービンの起動、停止の繰り返しにより著しい熱応力、熱衝撃を受ける。燃焼ガス温度1,400~1,600℃のガスタービンでは、冷却能力を考慮しても10<sup>5</sup>時間6kgf/mm<sup>2</sup>における耐用温度が900℃以上のCo基铸造合金が用いられ、ベーンは2連のものが好ましい。2段目以降のタービンノズルは、初段ノズルと比較して温度的にそれほど苛酷ではないが、従来の燃焼温度1300℃級のガスタービンと比べるとそのメタル温度は高くなり10<sup>5</sup>時間14kgf/mm<sup>2</sup>耐用温度が800℃のNi基铸造合金が好ましい。

【0041】ノズル部材は、製造時の铸造欠陥の補修、内部冷却部品の組み込み、及び使用後に発生する熱応力によるクラックの補修のために溶接を実施する場合がある。ノズル部材の材料の溶接性は、長さ80mm、幅4mmで1パスのTIG溶接にて形成されたビード内に割れが発生しない予熱なしで行うのが好ましい。より割れが発生しないようにするには予熱するのが好ましいが、その温度は400℃以下が好ましい。

【0042】上記目的を達成するための発電用ガスタービンは、初段タービンノズルへのガス入り口温度が1,400~1,600℃、好ましくは1,450~1,550℃であり、初段タービンブレードのメタル温度が920℃以上であり、ガスタービンの排ガス温度が590℃以上650℃以下であり、ガスタービンの発電効率が37%以上が得られる。ここで発電効率はLHV (Low Heat Value) 表示とする。本発明の発電用ガスタービンは、初段タービンブレードは、10<sup>5</sup>時間14kgf/mm<sup>2</sup>耐用温度が920℃以上のNi基単結晶合金又は柱状晶合金、2段目以降のタービンブレードは、10<sup>5</sup>時間14kgf/mm<sup>2</sup>耐用温度が800℃以上のNi基柱状晶合金又は等軸晶合金が用いられる。

【0043】初段ブレードにはNi基合金の単結晶铸造物あるいは一方向凝固铸造物を用いる。ここで単結晶铸造物とは、一方向凝固させて製品全体が実質的に結晶粒界を有しない铸造物である。また一方向凝固铸造物とは、一方向凝固させてできる実質的に凝固方向に平行な結晶粒界のみを有する铸造物である。これらは普通に鋳

造して得られる等軸晶組織鑄造物よりも高い高温クリープ強度を有し、特に単結晶鑄造物が最も耐用温度が高い。一方向凝固鑄造物を用いた場合でも、遮熱コーティングを併用することにより単結晶ブレードを用いた場合と同様の効果が実現可能である。

【0044】初段ノズル材には、耐熱疲労性、耐食性、また補修を考慮した溶接性が要求されるが、これらの特性を同時に満足するためには、セラミックス層を有する遮熱コーティングを備えたC o基合金、初段ブレードには遮熱コーティングを備えたN i基合金一方向凝固鑄造物あるいはN i基合金の単結晶鑄造物を用いることが最適である。

【0045】以上のことから、本発明は、圧縮機と、燃焼器と、タービンディスクに固定された3段以上のタービンブレードと前記タービンブレードに対応して設けられた3段以上のタービンノズルとを備えた発電用ガスタービンにおいて、以下のいずれかの材料構成が好ましい。

【0046】(1) 初段タービンブレードはN i基合金の単結晶鑄造物又は一方向性鑄造物からなり、初段タービンノズルは遮熱コーティング層を備えたC o基合金の鑄造物よりなり、第2段以降のタービンブレードおよび第2段以降のタービンノズルはN i基合金の鑄造物からなるのが好ましい。

【0047】(2) 初段タービンブレードは遮熱コーティング層を備えたN i基合金の一方向凝固鑄造物よりなり、初段タービンノズルは遮熱コーティング層を備えたC o基合金の鑄造物よりなり、第2段以降のタービンブレードおよび第2段以降のタービンノズルはN i基合金の鑄造物からなる。

【0048】ガスタービンの熱効率を向上させるためには、前述したように燃焼ガス温度を上昇させることがもっとも効果的である。高度なブレード、ノズルの冷却技術、遮熱コーティング技術の併用を考え、初段タービンブレードのメタル温度を920℃以上にすれば、初段タービンノズルへのガス入り口温度を特に、1,450～1,550℃にするものである。そのことによりガスタービンの発電効率を37%以上にすることができる。この場合の発電効率は、LHV方式の表示である。また、そ

の時にタービン排ガス温度を590℃～650℃とすれば、530℃以上の蒸気温度を有する1,400℃以上のガスタービンノズル入口温度を有するガスタービンと蒸気タービンとの複合発電システムにした場合の総合発電効率が55%以上にすることができ、優れた高効率発電システムが提供できる。蒸気タービンは一車室で、高中低圧一体型ロータシャフトに30インチ以上の翼部長さを有する高中低圧一体型蒸気タービンとするのが好ましい。

#### 【0049】

##### 【発明の実施の形態】

(実施例1) 表1は、用いた本発明合金及び比較合金の化学成分(重量%)を示す。残部はC oである。合金No. 1からNo. 4までが本発明溶加棒による合金であり、合金No. 5からNo. 7までが比較溶加棒による合金である。本発明の溶加棒の酸素量は0.003%以下、窒素量は0.003～0.015%であった。No. 5の合金は本発明で最も好ましい溶加棒による合金である。伸線化が困難で表面に傷や不純物を巻き込み問題あることが新たに分かった。No. 6及びNo. 7は市販されている溶加棒による合金である。なお、合金No. 8はガスタービン用ノズル材のC o基鑄造合金であり、肉盛溶接用の母材として用いた。No. 1からNo. 5の溶加棒は高周波溶解により溶解した重量100Nのインゴットを熱間鍛造後、熱間スエーピング及び伸線加工の所定の作業工程をへて溶加棒とした。スエーピングは電気炉中で1,150～1,200℃に加熱後、直径16mmまで加工した。一回の加工率をほぼ20%とし直径16mmまで繰返し加工した。スエーピング後に更に熱間で直径1.7～1.8mmまで伸線加工後後に目標の直径1.6mm、長さ1,000mmの溶加棒とした。なお、伸線加工においてもスエーピングと同様一回の加工率をほぼ20%とし一回毎に焼鈍し繰返し加工した。No. 5の合金はこの伸線過程で表面に傷や不純物を巻き込み好ましくなかった。以下、溶接性及び溶接金属の高温特性の調査に用いた溶接試験片の作製要領を示す。

#### 【0050】

##### 【表1】

10  
20  
30



合金 No.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	W	Al	Zr	Ta	Fe	C/C(母材)	備 考
1	0.039	0.09	0.41	0.001	0.001	24.45	20.89	4.88	—	0.17	6.98	—	0.17	発明合金
2	0.040	0.32	0.24	0.001	0.003	25.20	20.60	5.37	0.020	0.21	6.96	0.28	0.17	"
3	0.060	0.03	0.41	0.001	0.001	26.13	21.53	5.02	—	0.17	7.01	—	0.26	"
4	0.091	0.24	0.24	0.005	0.003	25.32	20.37	5.51	0.017	0.33	6.74	0.07	0.40	"
5	0.124	0.24	0.21	0.003	0.003	25.60	20.40	5.53	0.013	0.25	6.92	0.08	0.54	比較合金
6	0.08	0.18	1.38	0.005	0.009	20.15	9.99	14.87	—	—	—	2.52	0.35	"
7	0.13	0.75	0.86	0.004	0.006	28.82	10.22	6.77	0.030	—	—	0.12	0.57	"
8	0.23	0.83	0.43	0.004	0.006	29.20	9.92	6.97	—	—	—	0.12	—	母材 (ノズル材)

 別  
→

【0051】図1に高温強度試験片101（引張，クランプ，低サイクル疲労）及び、腐食試験片102の開先形状と試験片の採取要領を示す。103は多層肉盛溶接層である。溶接条件としては溶接電流80A，溶接速度8～10cm/min，パス間温度≤100℃とし、図2に示す装置によりTIG溶接した。溶接部は染色探傷試験及び断面組織調査によって溶接性を判定した。図3に熱衝撃試験片105の肉盛溶接及び試験片の採取要領を示

す。肉盛試験片を回転させながら（周速：8cm/min）TIG溶接した。溶接電流は80A，パス間温度≤100℃とした。これら図1及び図3に示した溶接試験片を1,150℃で4h加熱する溶体化処理及び982℃で4h保持する時効処理を施した後、所定の評価試験片とした。表2に溶接性及び高温特性試験結果を示す。

【0052】

【表2】

表 2

合金 No.	溶 接 性			816℃			900℃		200±900℃ 熱衝撃試験 繰返し回数300回 での最大亀裂長さ (mm)	816℃×25h 溶接部腐食試験 腐食深さ (mm/cm <sup>2</sup> )
	表面検査 結果	断面検査結果	硬さ Hv(98N) (溶接部のまま)	0.2% 耐力 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)	絞り (MPa)	破断時間 (h)		
1	良好	良好	281	—	—	—	—	—	—	—
2	良好	良好	276	254	431	28	32	750	5	29
3	良好	良好	277	—	—	—	—	—	—	—
4	良好	良好	297	258	448	37	54	1056	3	23
5	良好	欠陥発生 (溶け込み不良)	310	—	—	—	—	—	—	—
6	良好	良好	300	165	410	36	33	44	1080	50
7	良好	良好	300	231	459	25	36	22	1720	19

## 【0053】(1) 溶接性

溶接性は溶接部の表面の染色探傷及び溶接断面観察による割れ発生の有無の調査から判定した。発明の溶加棒による溶接部表面及び溶接部断面における溶接割れ等の欠陥は認められなく従来溶加棒に溶接性と同様良好であることが確認された。なお、比較合金のNo. 5の溶加棒は表面傷及び不純物の巻き込みが存在していたため溶け込み不良欠陥が発生し好ましくなかった。この合金は発明合金組成と比べC量のみが重量で0.10%を越えるものである。溶接部の溶接のままの硬さは発明合金の硬さがいずれもビッカス硬さHv300以下であるのに対し

40 Hv310と最も高い。伸線化の容易なC量は重量で0.10%以下が好ましいことが分かった。

## 【0054】(2) 高温引張特性

高温引張特性は816℃で評価した。発明の溶加棒による溶接金属の引張特性は概ね従来特性と遜色ない。

## 【0055】(3) クリープ破断特性

クリープ破断特性は900℃で負荷応力一定の172MPaで評価した。発明の溶加棒による溶接金属の破断時間は従来溶加棒による溶接金属の破断時間の20倍以上の合金No. 1で750時間、合金No. 4で1,056時間と非常に優れている。

## 【0056】(4) 低サイクル疲労特性

低サイクル疲労特性は900℃で全ひずみ範囲一定の0.4%で評価した。発明の溶加棒による溶接金属の低サイクル疲労特性は概ね従来特性と遜色ない。

## 【0057】(5) 熱衝撃特性

熱衝撃特性は200から900℃間の繰返し熱サイクル300回での最大き裂長さで評価した。この繰返し熱サイクル300回は、ガスタービンを一年間DSS運転（毎日起動・停止運転）に相当する。発明の溶加棒による溶接金属のき裂長さは従来溶加棒による溶接金属のき裂長さの半分以下の合金No. 1で5mm、合金No. 4で3mmと小さい。耐熱衝撃性に優れていることが確認された。

## 【0058】(6) 腐食特性

腐食特性は溶融塩の塗布加熱法によった。溶融塩は $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -25%NaClの混合塩である。メタノールをバインダーとして混合塩の $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -25%NaClを試験片に塗布し、2.5時間加熱後の減量から腐食性を評価した。塗布量は約0.2kg/m<sup>2</sup>を基準とし試験片の片面のみ塗布した。試験片は直径13mm、厚み約3mmとした。その結果、発明の溶加棒による溶接金属の腐食特性は概ね従来溶加棒による特性と遜色ない。

【0059】以上、本実施例で明らかのように本発明の溶加棒による溶接性及び溶接金属の高温強度並びに耐食性は従来溶加棒による特性と同等以上に優れていることが確認できた。特に、本発明の溶加棒を用いることによって本発明の目標であるクリープ特性及び熱衝撃特性が得られる。なお、クリープ特性と熱衝撃特性結果の対比から、熱疲労強度とクリープ強度の強い相関性が確認された。

【0060】(実施例2) 図4は、本発明による発電用ガスタービンの回転部分の断面図である。図5はブレード及びノズル部分の拡大図である。3は初段ブレード、5は第2段ブレード、7は第3段ブレード、20は初段ノズル、25は第2段ノズル、27は第3段ノズル、4はタービンディスク、10はタービンスタブシャフト、13はタービンスタッキングボルト、18はタービンスペーサ、19はデイスタントピース、6はコンプレッサディスク、17はコンプレッサブレード、8はコンプレッサスタッキングボルト、9はコンプレッサスタブシャフトである。本実施のガスタービンはタービンブレード及びタービンノズルがそれぞれ3段ずつある。

【0061】本実施例におけるガスタービンの初段ブレード3は、Ni基超合金の単結晶鑄造物であり、重量でCr6~9%、Mo0.5~5%、W0.5~10%、Al4~7%、及びCo0.5~10%、を含むNi基合金、又はこれにRe1~4%、Ta3~9%、Hf0.2%以下、Ti2%以下、Nb2%以下及びMo5%以下の1種以上を含むNi基合金によって構成される。初段ブレードは翼部130mm以上、その全長は約2

20mm以上である。この単結晶鑄造物の10<sup>5</sup>時間14kgf/mm<sup>2</sup>の耐用温度は930℃~940℃であり、内部に複雑な空気冷却孔を設けており運転中は圧縮空気により冷却する。冷却方式はクローズド方式、冷却構造はスタガードリブ方式である。ブレードの表面には、重量でAl2~5%、Cr20~30%、Y0.1~1%を含み残部Ni又はNi+Coからなる合金層を非酸化性減圧雰囲気下でプラズマ溶射によって50~150μmの厚さに設け耐食性を高めた。本単結晶鑄造物は1,250~1,350℃で固溶化処理後、1,000~1,100℃及び850~950℃での2段階効処理を行い、一辺が1μm以下の長さのγ'相を50~70体積%で析出させたものである。第2段ブレード5および第3段ブレード7は重量で、Cr12~16%、Mo0.5~2%、W2~5%、Al2.5~5%、Ti3~5%、Ta1.5~3%、Co8~10%、C0.05~0.15%、B0.005~0.02%、および残部不可避の不純物とNiからなるNi基超合金で構成する。これらのブレードは通常の鑄造により得られる等軸晶組織を有する。第2段ブレードは内部冷却孔を有しており、圧縮空気により冷却する。これらの材料の10<sup>5</sup>時間14kgf/mm<sup>2</sup>の耐用温度は840℃~860℃である。ブレード表面には、CrあるいはAlの拡散コーティングを施し、耐食性を高めた。これらのNi基合金は前述と同様に熱処理が施される。

【0062】初段ノズル20はベーンが2連のもので、重量で、Cr20~32%、Ni9~12%、W5~10%、Co8~10%、C0.2~0.4%、Si1%以下、Mn1%以下、B0.005~0.015%及びFe5.0%以下、を含むCo基超合金が用いられ、またTi0.1~0.4%、Zr1.0%以下、Nb0.3%以下、Hf1.0%以下及びTa2.0%以下の1種以上を含むことができ、残部不可避の不純物とCoからなるCo基超合金の普通鑄造材（等軸晶組織）を用いる。この合金の10<sup>5</sup>時間6kgf/mm<sup>2</sup>の耐用温度は900℃~910℃である。冷却は、クローズド方式のインピンジ冷却である。初段ノズルの外表面の火炎に接する部分には、遮熱コーティング層が設けられる。これは、微細な柱状晶からなり、微細な直径50~200μmのマクロな柱状晶の中に直径10μm以下の柱状晶を有する2重構造の柱状晶組織を有するY<sub>2</sub>O<sub>3</sub>安定化ジルコニア層を蒸着によって100~200μmの厚さに設け、ベース金属とジルコニア層との間の結合層とからなる。該結合層は重量でAl2~5%、Cr20~30%、Y0.1~1%を含み残部Ni又はNi+Coからなる合金からなる溶射層である。合金層は耐食性を向上させる効果も併せもつ。本鑄造材は1,150~1,200℃で溶体化処理後、820~880℃で1段階効処理の熱処理が施される。

【0063】第2段ノズル25および第3段ノズル27

はベーンが3連のもので、重量で、Cr 21~24%、Co 18~23%、C 0.05~0.20%、W 1~8%、Al 1~2%、Ti 2~3%、Ta 0.5~1.5%、B 0.05~0.15%、および残部不可避の不純物とNiからなるNi基铸造合金で構成する。これらのノズルは通常の铸造により得られる等軸晶組織である。特に遮熱コーティング層を設ける必要はないが、第2段ノズルには耐食性を高めるためにCrあるいはAlの拡散コーティングを施す。それぞれ内部冷却孔を有しており、圧縮空気により冷却される。これらの材料の $10^5$ 時間6kgf/mm<sup>2</sup>の耐用温度は840℃~860℃である。本铸造材においても同様の熱処理が施される。2段及び3段ノズルは各中心が各ブレード間のほぼ中心位置に配置される。

【0064】本実施例ではタービンディスク4に重量で、C 0.03~0.1%、Cr 12~18%、Ti 1.2~2.2%、Fe 30%~40%、Nb 2.5~3.5%、B 0.002~0.01%及び残部が実質的にNiからなるNi基鍛造合金を用いる。該Ni基鍛造合金は、450℃、 $10^5$ hクリープ破断強度が50kgf/mm<sup>2</sup>以上であり、高温ガスタービン用材として必要な強度を十分満足する。

【0065】コンプレッサーブレードは17段で、得られる空気圧縮比は1.8である。

【0066】使用燃料として、天然ガス、軽油が使用される。

【0067】以上の構成によって、総合的に信頼性が高くバランスされたガスタービンが得られ、初段タービンノズルへのガス入り口温度が1,500℃、初段タービンブレードのメタル温度が920℃、ガスタービンの排ガス温度は650℃であり、発電効率がLHV表示で37%以上の発電用ガスタービンが達成できる。

【0068】図6は本実施例における初段ノズルの斜視図である。図に示すように外側サイドウォール38と内側サイドウォール37に2連のベーン36が一体に形成される。ベーン36は図7のように一端が丸みを帯びた三ヶ月状で内部に冷却空気が流入するように空洞の薄肉材によって構成される。ベーン部分には冷却空気が両サイドウォール側から流入し上流側のリーディングエッジ部で外部に通ずるように冷却孔が多数設けられ、図8に示すようにインピンジメント冷却方法によって冷却される。また、トレーニングエッジでは下流側の凹部の端面とその先端の端面より冷却用空気が外部に通じるように冷却孔が多数設けられ、コンベクション冷却方法によって冷却される。

【0069】ガスタービンノズルは図6に示すように長期の運転中に前述のようにその初段で1,500℃の高温の燃焼ガス流に曝されるほか、構造上強い拘束力を受けることから稼働中にクラック30、31が生じる。このクラック30、31は図8に代表するように概ねタイ

プA：貫通クラック（翼後縁側）あるいはタイプB：非貫通クラック（翼の付け根）である。これらのクラックは図8の模式図に示すようにクラックを超硬カッターにより幅約10mm切削することにより端から端までクラックを完全に削除した後図9に示すようにTIG溶接により幅方向に3パス以上の多層肉盛層が形成される。肉盛溶接層はノズル表面に対して一層分だけ高くなるように設けた。なお、溶接に際して、ガスタービンノズルを1,150℃で4h加熱保持する溶体化処理を施した。加熱中は非酸化性雰囲気中に保った。

【0070】また、貫通クラックの初層溶接では良好な裏波ビードを形成させるためアルゴンガスによるバックシールドを行った。補修溶接後、染色探傷試験を行ったが、溶接部は割れ等の欠陥は認められず実機溶接でも溶接性に問題のないことが確認出来た。溶接後、再び、1,150℃で4時間非酸化性雰囲気中で加熱保持する溶体化処理を行った後、982℃での時効処理を施し、次いで、肉盛溶接層をベース合金の基体表面と同じ高さとなるように研削及び研摩を行った。引き続きベーンとサイドウォール内側にZrO<sub>2</sub>層の遮熱コーティングを施した。次にこれら補修溶接したノズルを実機に搭載し信頼性を検討した。一年間運転を終了した時点で、補修溶接部はクラック及び腐食による損傷は認められなかった。

【0071】また、タービン排ガス温度は550℃~650℃となり、蒸気温度530℃以上、最終段翼部長さ30~50インチの高中低圧一体型蒸気タービンとの複合発電システムにした場合、高い総合発電効率が得られる。

【0072】

【発明の効果】本発明によれば、タービン入り口温度1,500℃級のガスタービンにおける、ブレード、ノズル材料の最適な構成を採用するとともに、長期にわたって運転したものを補修して再び使用することにより元の条件と同じ条件での運転が可能となり、LHV表示で37%以上の高効率のガスタービンを得ることができ

る。

【図面の簡単な説明】

【図1】肉盛溶接部の高温強度及び腐食試験片の採取位置を示す図。

【図2】TIG溶接装置の断面図。

【図3】熱衝撃試験片の採取位置を示す図。

【図4】本発明に係るガスタービンの回転部分の断面図。

【図5】図4に示すガスタービンのタービンブレード及びノズル部分の拡大図。

【図6】本発明に係るガスタービンにおける初段タービンノズルの平面図。

【図7】図6の初段ノズルの翼部の斜視図。

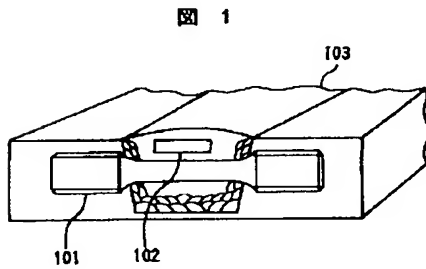
【図8】初段ノズルの割れと開先形状とを示す斜視図。

## 【符号の説明】

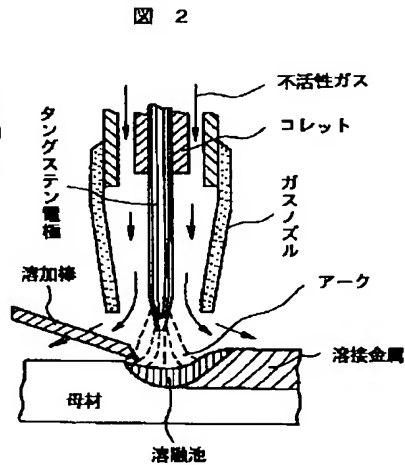
3…初段ブレード、4…タービンディスク、5…第2段ブレード、6…コンプレッサディスク、7…第3段ブレード、8…コンプレッサスタッキングボルト、9…コンプレッサスタブシャフト、10…タービンスタブシャフト、13…タービンスタッキングボルト、17…コンプ\*

\* レッサブレード、18…タービンスペーサ、19…ディスタントピース、20…初段ノズル、21…タービンディスク、22…シュラウド、28…シールフィン、25…第2段ノズル、27…第3段ノズル、30、31…クラック、36…ペーン、37…内側サイドウォール部、38…外側サイドウォール。

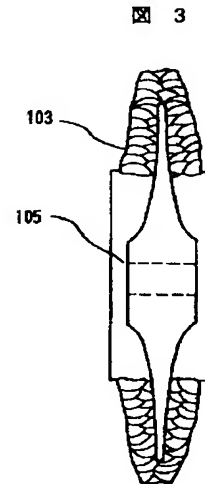
【図1】



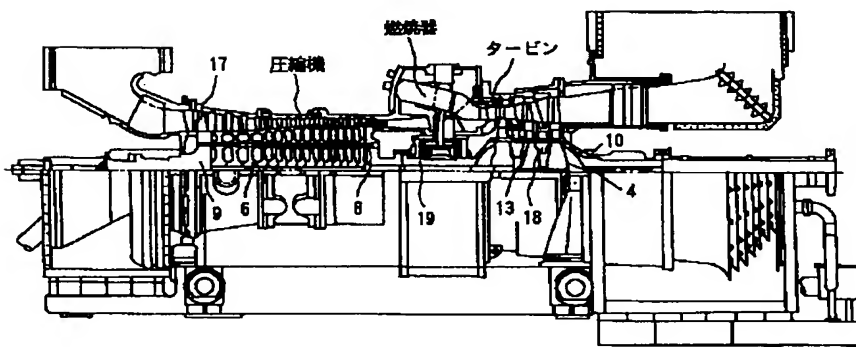
【図2】



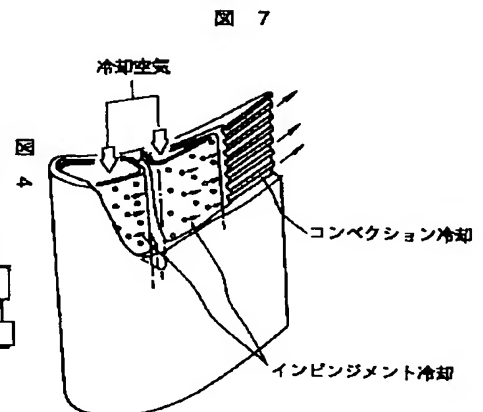
【図3】



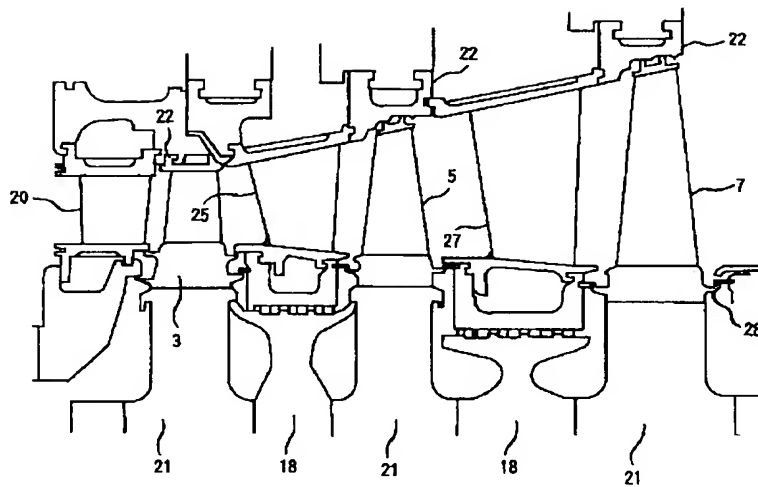
【図4】



【図7】

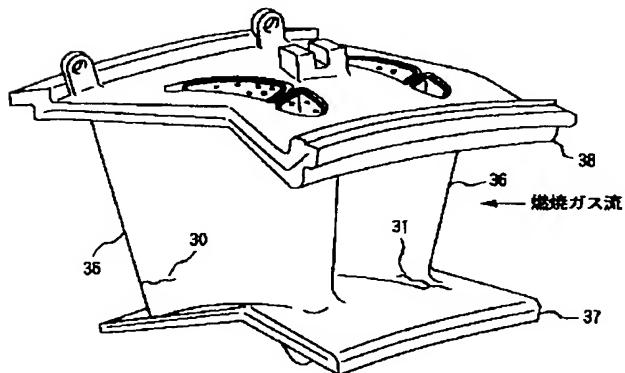


【図5】



【図6】

図 6



【図8】

図 8

	タイプA (貫通欠陥)	タイプB (非貫通欠陥)
断面	 クラック	 クラック
欠陥除去		
補修溶接		

フロントページの続き

(72)発明者 小林 計  
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会  
社日立製作所日立工場内  
(72)発明者 横場 範夫  
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会  
社日立製作所日立工場内

(72)発明者 飯塚 信之  
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会  
社日立製作所日立工場内  
(72)発明者 熊田 和彦  
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会  
社日立製作所日立工場内

【公報種別】特許法第 1 7 条の 2 の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第 5 部門第 1 区分  
 【発行日】平成 1 3 年 1 1 月 1 6 日 ( 2 0 0 1 . 1 1 . 1 6 )

【公開番号】特開平 1 1 - 1 1 7 7 0 5  
 【公開日】平成 1 1 年 4 月 2 7 日 ( 1 9 9 9 . 4 . 2 7 )  
 【年通号数】公開特許公報 1 1 - 1 1 7 8  
 【出願番号】特願平 9 - 2 8 6 5 1 8  
 【国際特許分類第 7 版】

F01D 9/02 101  
 B23K 35/30 340  
 C22C 19/07  
 F01D 5/28

## 【 F I 】

F01D 9/02 101  
 B23K 35/30 340 M  
 C22C 19/07 H  
 F01D 5/28

## 【手続補正書】

【提出日】平成 1 3 年 3 月 3 0 日 ( 2 0 0 1 . 3 . 3 0 )

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】翼部と、該翼部の両端に設けられたサイドウォールとを備えたガスタービン用ノズルにおいて、該ノズルの亀裂が溶接幅方向に 3 パス以上で、多層盛の肉盛溶接層によって補修され、該肉盛溶接層の外表面が被溶接材表面と同じ高さに研削されていることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項 2】翼部と、該翼部の両端に設けられたサイドウォールとを備えたガスタービン用ノズルにおいて、該ノズルの亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は 1 0 mm 以上の長さに施されていることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項 3】翼部と、該翼部の両端に設けられたサイドウォールとを備え、重量で、C 0.20～0.30%，Si 1.0%以下，Mn 1.0%以下，Cr 2.0～3.2%，Ni 9～12%，W 5～10%，Fe 5%以下及び B 0.0005～0.015%を含む Co 基铸造合金からなるガスタービン用ノズルにおいて、該ノズルの亀裂が肉盛溶接層によって補修され、該肉盛溶接層は重量で、C 0.03～0.10%，Si 1.0%以下，Mn 1.0%以下，Cr 2.0～3.0%，Ni 1.5～2.3%，W 3～10%，Ta 5～15%及び Zr 0.05～0.7%を含む Co 基合金からなることを特徴とするガスタービン用ノズル。

ズル。

【請求項 4】2 個以上の翼部と、該各々の翼部両端に各々の翼部を一体に連らなって設けられたサイドウォールとを備え、Co 基铸造合金よりなるガスタービン用ノズルにおいて、該ノズルの亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は前記 Co 基铸造合金より、Ni 量が多く、C 量、Cr 量及び W 量が少なく、Ta を含む Co 基合金よりなることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項 5】翼部と、該翼部の両端に設けられたサイドウォールとを備え、Co 基铸造合金よりなるガスタービン用ノズルにおいて、該ノズルの亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は前記 Co 基铸造合金の C 量の 0.10～0.40 倍の C 量を有する Co 基合金からなることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項 6】請求項 1 において、前記ノズルの亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は 1 0 mm 以上の長さに施されているガスタービン用ノズル。

【請求項 7】請求項 3～5 のいずれかにおいて、前記ノズルの亀裂が溶接幅方向に 3 パス以上で、多層盛の肉盛溶接層によって補修され、該肉盛溶接層の外表面が被溶接材表面と同じ高さに研削されていること；又は／及び前記ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は 1 0 mm 以上の長さに施されているガスタービン用ノズル。

【請求項 8】請求項 3 において、2 個以上の翼部と、該各々の翼部両端に各々の翼部を一体に連らなって設けられたサイドウォールとを備えた前記 Co 基铸造合金より



なるガスタービン用ノズルであって、該ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は前記C o基铸造合金より、Ni量が多く、C量、Cr量及びW量が少なく、Taを含む前記C o基合金よりなること、又は／及び該ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は前記C o基铸造合金のC量の0.10～0.40倍のC量を有する前記C o基合金からなるガスタービン用ノズル。

【請求項9】請求項3において、翼部と、該翼部の両端に設けられたサイドウォールとを備えた前記C o基铸造合金よりなるガスタービン用ノズルであって、該ノズルの亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は前記C o基铸造合金のC量の0.10～0.40倍のC量を有する前記C o基合金からなること、又は／及び前記ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は前記C o基铸造合金より、Ni量が多く、C量、Cr量及びW量が少なく、Taを含む前記C o基合金よりなるガスタービン用ノズル。

【請求項10】請求項8又は9において、前記ノズルの亀裂が溶接幅方向に3パス以上で、多層盛の肉盛溶接層によって補修され、該肉盛溶接層の外表面が被溶接材表面と同じ高さに研削されていること；又は／及び前記ノズルは亀裂を有し、該亀裂が多層盛の肉盛溶接層によって補修され、前記肉盛溶接層は10mm以上の長さに施されているガスタービン用ノズル。

【請求項11】重量で、C0.03～0.10%，Si

1.0%以下、Mn1.0%以下、Cr20～30%，Ni15～23%，W3～10%，Ta5～10%及びZr0.05～0.7%を含むことを特徴とするC o基合金。

【請求項12】請求項11において、重量で、Al1%以下及びFe2%以下の1種以上を含むことを特徴とするC o基合金。

【請求項13】請求項11又は12において、重量で、Ti0.05～1.0%，Nb0.05～0.5%及びHf0.05～0.5%の1種以上を含むことを特徴とするC o基合金。

【請求項14】請求項11～13のいずれかにおいて、B0.005～0.02重量%を含むことを特徴とするC o基合金。

【請求項15】請求項11～14のいずれかにおいて、前記合金はワイヤ状、棒状又は細径鋼管内に金属粉末が充填した複合ワイヤからなることを特徴とする溶接材料。

【請求項16】空気圧縮機と、燃焼器と、タービンディスクに固定されたタービンブレードと、該ブレードに対応して設けられたタービンノズルを備えた発電用ガスタービンにおいて、前記タービンノズルの初段への燃焼ガス入口温度が1,250～1,600℃であり、前記ガスタービンノズルの亀裂はその内部が多層肉盛溶接層によって埋込まれ補修されていることを特徴とする発電用ガスタービン。

【請求項17】前記タービンノズルは、請求項1～10のいずれかに記載のガスタービン用ノズルよりなることを特徴とする発電用ガスタービン。